التجربة الثامنة

تعيين قيمة ثابت التوازن لتفاعل الإحلال أو التبادل

عند إضافة كبريتات الكالسيوم الصلبة إلى محلول من نترات الفضة فإنه يحدث التفاعل التالي :

$$2Ag^{+} + CaSO_4 \longrightarrow Ag_2SO_4 + Ca^{2+}$$

كما تؤدي إضافة كبريتات الفضة الصلبة إلى محلول نترات الكالسيوم إلى حدوث التفاعل التالي :

$$Ca^{2+} + Ag_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + 2Ag^{+}$$

وهذا يعني أن وجود أي من المادتين الصلبتين مع محلول المادة الأخرى يؤدي إلى حدوث التوازن الكيميائي التالي :

$$2Ag^{+}(aq) + CaSO_4(s) \rightleftharpoons Ag_2SO_4(s) + Ca^{2+}(aq)$$

وثابت التوازن الذي يعطى بالمعادلة التالية :

$$K = \frac{[Ca^{2+}]}{[Ag^{+}]^2}$$

يمكن حسابه بعد معرفة تركيزي كل من أيونات الكالسيوم وأيونات الفضة في الخليط .

ولقياس هذين التركيزين فإنه تجرى عملية تحليل كمي مناسبة . وهذه العملية تأخذ بالاعتبار وجود هذين الأيونين(Ca^{2+}) و(Ag^{+}) في الخليط في نفس الوقت .

وبالنسبة لتركيز أيونات الفضة فإنه يمكن تقديره بعملية معايرة يضاف فيها محلول ثيوسيانات الأمونيوم أو البوتاسيوم الذي يقوم بترسيب الفضة على هيئة ثيوسيانات الفضة حسب المعادلة التالية :

$$Ag^{+}(aq) + SCN^{-}(aq) \longrightarrow AgCNS(s)$$

ولهذا تصنف هذه المعايرة على أنها ضمن معايرات الترسيب . وإذا وجدت أيونات الحديد الثلاثي (Fe^{3+}) في المحلول على هيئة شب أو نترات فإن إضافة الثيوسيانات بعد ترسيب كل أيونات الفضة سيؤدي إلى اتحاد أيونات الحديد بأيونات الثيوسيانات لتشكيل معقد ذي لون أحمر واضح حسب المعادلة التالية :

$$SCN^{-} + Fe^{3+} \longrightarrow FeSCN^{2+}$$

ويعد ظهور هذا اللون دليلا على اكتمال معايرة أيونات الفضة بأيونات الثيوسيانات . تسمى معايرة الترسيب السابقة بطريقة فولهارد (Volhard method) لتقدير أيونات الفضة كميا .

أما بالنسبة لتركيز أيونات الكالسيوم فإنه يقدر بعملية معايرة خلفية (Back titration)، أي غير مباشرة إذ يضاف إلى المحلول مقدار محدد ومعلوم من محلول أكسالات الأمونيوم بحيث يكون أكثر من كافٍ لترسيب أيونات الكالسيوم، وكذلك أيونات الفضة على هيئة أكسالات . ومن ثم تقدر كمية الأكسالات المتبقية بمعايرتها ببرمنجنات البوتاسيوم، ومنها تعرف كمية الأكسالات التي رسبت كلا من الكالسيوم والفضة . ولما كانت كمية الفضة قد حددت مسبقا بطريقة فولهارد فإنه يمكن تحديد كمية الأكسالات التي رسبتها في الطريقة الأخيرة، مما يقود إلى معرفة كمية الأكسالات التي رسبت الكالسيوم فقط وبالتالي إلى حساب تركيز أيونات الكالسيوم .

الأدوات والمواد المستخدمة :

دوارق مخروطية ـ ماصات ـ سحّاحة ـ كأس .

طريقة العمل :

١ ـ حضر المخاليط التالية في الدوارق الزجاجية حسب الحجوم المحددة بوحدة (ml) لكل مادة :

No.	$AgNO_3$ (aq)	$CaNO_3$ (aq)	K_2SO_4 (aq)
1	25	25	20
2	25	25	25
3	25	25	30
4	25	25	35

٢ ـ أضف إلى الخليط آثارا قليلة من المادتين الصلبتين : كبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$) وكبريتات الفضة (Ag_2SO_4).

٣ ـ أغلق الدورق وضعه لمدة ساعتين إلى ثلاث ساعات في حمام مائي عند درجة حرارة الغرفة مع الرج الشديد لمدة (10 – 15 min)كل(15 – 20 min).

٤ ـ رشح الخليط باستخدام قمع بخنر والزجاج المسامي أو بورق الترشيح إن تعذر ذلك .

٥ ـ عاير (25ml) من الرائق بثيوسيانات الأمونيوم مستخدما دليل كبريتات الأمونيوم ـ الحديد الثلاثي(Ferric ammonium sulphate) وسجل الحجم (V_{SCN^-}).

٦ ـ أضف إلى (25ml) أخرى من الرائق (25ml) من الماء وسخن حتى (70-80°C) ، ثم أضف ببطء ومع التحريك المستمر(25ml) من محلول أكسالات الأمونيوم معلوم التركيز، ثم اسمح للمحلول أن يبرد. تأكد من أن كل أيونات الفضة والكالسيوم قد اكتمل ترسيبها ؛ وذلك بإضافة حجم قليل ولكن معلوم من أكسالات الأمونيوم فإن لم يلاحظ حدوث مزيد من الترسيب فإنه قد اكتمل ، وإلا تستمر الإضافات القليلة إلى أن لا يلاحظ حدوث ذلك . حدد الحجم الإجمالي لأكسالات الأمونيوم ($V_{C_2O_4^{2-}}$).

٧ ـ رشح الخليط مستخدما قمع بخنر والزجاج المسامي مع غسل الراسب عدة مرات بحيث يضاف ناتج الغسيل إلى الرائق .

٨ ـ عاير الرائق ببرمنجنات البوتاسيوم وسجل الحجم($V_{MnO_4^-}$).

(تجرى الخطوات (من ٢ إلى ٨) لكل المخاليط) .

إرشادات للحسابات :

أ ـ حساب مولارية الفضة [Ag^+]:

يتم حساب ذلك من معرفة (V_{SCN^-}) أي حجم الثيوسيانات المعلوم التركيز (M_{SCN^-}) واللازم لترسيب أيونات الفضة في محلول منها حجمه (25ml)، ومن معرفة معادلة التفاعل بين الثيوسيانات والفضة .

ب ـ حساب مولارية الكالسيوم[Ca^{2+}]:

يتم حساب ذلك كما يلي :

(١) من معرفة ($V_{C_2O_4^{2-}}$) أي حجم الأكسالات الكلي الذي أضيف لإحداث الترسيب وتركيزه ($M_{C_2O_4^{2-}}$)، يمكن حساب(n_1) أي عدد المولات الكلي للأكسالات .

(٢) من معرفة ($V_{MnO_4^-}$) أي حجم البرمنجنات المعلوم التركيز ($M_{MnO_4^-}$) والمكافئ للأكسالات المتبقية بعد اكتمال الترسيب، يمكن حساب($n_{MnO_4^-}$) أي عدد مولات هذه البرمنجنات . ومن معرفة معادلة تفاعل البرمنجنات والأكسالات :

$$2MnO_4^- + 5C_2O_4^{2-} + 16H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 10\,CO_2 + 8H_2O$$

فإن عدد مولات الأكسالات(n_2)التي تفاعلت مع($n_{MnO_4^-}$) هو:

$$n_2 = \frac{5}{2}\ n_{MnO_4^-}$$

وهذا عبارة عن عدد مولات الأكسالات المتبقية .

(٣) من معرفة (n_1) و (n_2) يمكن معرفة(n_3) أي عدد مولات الأكسالات المترسبة على هيئة أكسالات فضة وأكسالات كالسيوم .

(٤) من معرفة[Ag^+] أي مولاريـة الفضة في الخليط يمكن معـرفة(n_4) أي عدد مولات(Ag^+)في (25ml) من الخليط .

(٥) من معرفة(n_4)ومن معادلة تفاعل[Ag^+]مع($C_2O_4^{2-}$) :

$$2Ag^+(aq) + C_2O_4^{2-}(aq) \longrightarrow Ag_2C_2O_4(s)$$

يمكن معرفة (n_5) أي عدد مولات الأكسالات المترسبـة على هيئة أكسالات فضة .

(٦) من معرفة(n_3) و (n_5) يمكن معرفة(n_6) أي عدد مولات الأكسالات المترسبة على هيئة أكسالات كالسيوم .

(٧) من معرفة(n_6)ومن معادلة تفاعل(Ca^{2+})مع ($C_2O_4^{2-}$) :

$$Ca^{2+}(aq) + C_2O_4^{2-}(aq) \longrightarrow CaC_2O_4(s)$$

يمكن معرفة(n_7) أي عدد مولات الكالسيوم في (25ml) من الخليط .

(٨) من معرفة(n_7) يمكن معرفة[Ca^{2+}] أي مولارية الكالسيوم في الخليط .

جـ ـ حساب ثابت التوازن (K) :

من (أ) و (ب) يمكن حساب قيمة ثابت التوازن للتفاعل لكل خليط .

تقرير التجربة

اسم الطالب : رقم الطالب :

المقرر : الشعبة :

الفصل الدراسي : التاريخ :

اسم التجربة :

هدف (أهداف) التجربة :

النتائج التجريبية : $[NH_4SCN]$ = molar

$[KMnO_4]$ = molar

$[C_2O_4^{2-}]$ = molar

	1	2	3	4
V_{SCN^-} (ml)				
$V_{C_2O_4^{2-}}$ (ml)				
$V_{MnO_4^-}$ (ml)				

الحسابات :

وضح في الفراغات التالية عملية الحساب للخليط رقم (١) فقط . أما

لبقية المخاليط فمن غير المطلوب عرضها، وكل ما هو مطلوب بالنسبة لها هو فقط ملء الفراغات المخصصة لها في كل جدول.

أ ـ حساب مولارية الفضة $[Ag^+]$:

	1	2	3	4
$[Ag^+]$				

ب ـ حساب مولارية الكالسيوم $[Ca^{2+}]$:

١ ـ حساب قيمة (n_1) :

	1	2	3	4
n_1(mol)				

٢ ـ حساب قيمة($n_{MnO_4^-}$) :

	1	2	3	4
$n_{MnO_4^-}$ (mol)				

حساب قيمة(n_2) :

	1	2	3	4
n_2(mol)				

٣ ـ حساب قيمة(n_3) :

	1	2	3	4
n_3 (mol)				

٤ ـ حساب قيمة(n_4):

	1	2	3	4
n_4 (mol)				

٥ ـ حساب قيمة (n_5) :

	1	2	3	4
n_5 (mol)				

٦ ـ حساب قيمة (n_6):

	1	2	3	4
n_6 (mol)				

٧ ـ حساب قيمة (n_7):

	1	2	3	4
n_7 (mol)				

٨ ـ حساب قيمة(Ca^{2+}):

	1	2	3	4
$[Ca^{2+}]$				

جـ ـ حساب ثابت التوازن(K):

	1	2	3	4
K				